图书情报工作
第63卷 第15期 2019年8月

基于多源数据的智慧城市数据融合框架*

■ 马捷[1,2] 葛岩[1,3] 蒲泓宇[1] 张云开[1]

[1] 吉林大学管理学院 长春 130022 [2] 吉林大学信息资源中心 长春 130022

[3] 北华大学计算机科学技术学院 吉林 132000

摘要：[目的/意义]如何有效地实现对智慧城市中多源异构数据融合,是智慧城市必须要解决的核心问题。[方法/过程]在界定城市数据资源体系基础上,提出面向语义的元数据模型,结合用户需求分类,构建基于多源数据的智慧城市数据融合框架。[结果/结论]以智慧城市数据运营中心为依托,提出面向智慧城市的用户数据服务推荐实现路径;最后提出智慧城市数据融合的发展建议:完善智慧城市多源数据融合标准;积极制定数据开放政策;探讨个人数据采集与存储保护方案。

关键词：智慧城市 数据融合 元数据 用户需求

分类号：G250.2

DOI:10.13266/j.issn.0252-3116.2019.15.001

智慧城市在城市信息化基础上发展而来,是城市信息化的高级形态[1]。八部委联合印发的《关于促进智慧城市健康发展的指导意见》中指出“到2020年,建成一批特色鲜明的智慧城市”[2]。《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》明确指出要加强现代信息基础设施建设,建设智慧城市。《新型智慧城市发展报告2017》显示,我国新型智慧城市建设呈集群发展态势,2018年4月全国网络安全和信息化工作会议上,习近平总书记提出要推动数字化、大数据、人工智能深度发展,大数据的应用为智慧城市的发展提供了强大的技术保障。

目前,业界对智慧城市概念的界定仍未统一。王静远将智慧城市定义为:“以新一代信息技术为基础,通过对城市各部分数据进行监测、分析和利用,实现对城市生活环境的透彻感知、城市资源的全面调控、城市方方面面便捷运作、人和城市之间和谐共赢等目标的新型城市形态”[3]。李重照认为智慧城市内涵包括信息通信技术的基础性作用、经济发展和鼓励创新、促进各部门间资源共享和协同作业等方面[4],国内学者对智慧城市的定义阐释虽角度各异,但其核心理念基本一致,即运用新一代信息技术手段,将城市运行核心数据整合起来,为公众提供智能化服务。

智慧城市是多学科融合的新兴领域,在传统城市科学领域,多数学者使用城市运行数据,识别城市功能区域、分析城市交通网络与城市居民行为建模等;在计算机科学领域,学者们提出以数据挖掘、处理和分析技术为核心的智慧城市技术体系框架;在管理学领域,学者们侧重智慧城市的愿景与战略目标[5]、未来城市发展的影响分析[6];在产业界,重点关注智慧城市项目在公众服务、商业与能源领域的具体项目研发与应用[7]。城市范围内的数据包括空间、时间范围内的数据,不同的数据由于形式与结构上的差异,可能处理的方法、标准全然不同。例如,针对交通路况数据,可能存在路面实时监控信息、微博的路况报道以及交通事故记录表。这3种数据虽表现形式不同,但阐述的是相同的交通流量问题。此外,通过调研国内智慧城市的建设情况,发现国内智慧城市建设大部分均是依托原有城市信息化建设成果,在数据共享和集成方面存在一定技术壁垒和共享权限问题。王广斌通过文献综述国外智慧城市研究现状,得出国外智慧城市研究更多关注技术进步、数据集成与融合问题[8]。2018年国家智慧城市标准化总体组发布《智慧城市 数据融合》标准文件,该标

* 本文系国家社会科学基金重点项目“信息生态视角下智慧城市信息协同结构与模式研究”(项目编号:17ATQ007)研究成果之一。

作者简介:马捷(ORCID:0000-0002-1471-2143),教授,博士生导师;葛岩(ORCID:0000-0002-5785-6876),讲师,博士研究生,通讯作者,E-mail:geyanyan0314137@126.com;蒲泓宇(ORCID:0000-0002-1444-269X),博士研究生;张云开(ORCID:0000-0001-7671-2010),博士研究生。

收稿日期:2019-01-28 修回日期:2019-05-23 本文起止页码:6-12 本文责任编辑:易飞

准规定了数据采集、组织、互联和服务的概念模型与数据编码规范。本研究在厘清城市数据资源体系基础上,提出面向语义的元数据模型,结合用户需求分类,构建基于多源数据的智慧城市数据融合框架,提升公众在城市管理中的参与度,为政府、企业等提供决策支持,创新智慧城市信息服务模式。

1 文献综述

城市建设基本要素方面,学者大多围绕城市建设的基本要素进行探讨,对技术问题未展开讨论。V. Gaba[9]从系统整合的角度,将政府、居民社区、经济、基础设施与自然环境相整合[9],提出智慧城市的初步框架。T. Nam 等认为智慧城市的根本要素包括人、技术与组织[10]。霍国庆认为信息资源管理的主体为政府、企业与社会[11]。陈锐认为城市运行管理的主体是政府部门,服务对象是政府、企业和个人[12]。

城市数据应用方面,学者们构建了以数据挖掘和分析技术为核心的智慧城市技术框架,以在此基础上提供多样化的应用服务。例如潘纲教授团队提出基于轨迹数据分析与挖掘的智慧城市技术框架[13],将其分为轨迹感知、知识发现和具体应用 3 个层次;郑宇团队提出"四层反馈"结构的智慧城市技术框架,包括城市感知与数据获取、城市数据管理、城市数据分析、应用与服务[14]。

城市数据融合方面,学者从不同角度构建了智慧城市数据融合框架。李纲研究了突发事件应急信息融合,提出以突发事件信息为基础、以服务应急决策为目的的信息融合框架[15]。张义提出城市多模式数据融合的理论架构,包括服务信息描述模型、元数据模型和数据互联模型[16],并提出智慧城市数据共享和融合框架。从技术实现层面,有基于 Web API 信息集成的城市数据融合框架、基于元数据的城市数据融合框架、基于语义聚合的城市数据融合框架:①基于 Web API 的城市数据融合框架应用较多,但缺点是开放接口不一致,特定 API 只允许访问特定数据或服务,不能实现数据之间的互联,开发者需针对数据进行处理,才能开发具体应用;②基于元数据的城市数据融合框架采用统一的元数据标准来汇聚城市运行数据,但可能出现来自不同数据集而表示的是城市的相同实体的情况,忽视了实体之间的语义关系和相应匹配关系;③基于语义聚合的城市数据融合框架利用特定领域本体[17](如 Km4City),从城市运营商收集数据,将具有内在语义联系的数据进行聚合,使其集成在统一的、语义上互操作的基于多领域本体的模型中。

2 城市数据资源体系

城市数据资源体系是以地理空间数据为统一载体,依据城市时空范围内各领域数据的内在关系,对其进行整合形成的复杂系统。政府、企业、公众是智慧城市的主体,从系统的角度,以地理空间数据为根基,构建基于城市主体的智慧城市数据资源体系,如图 1 所示:

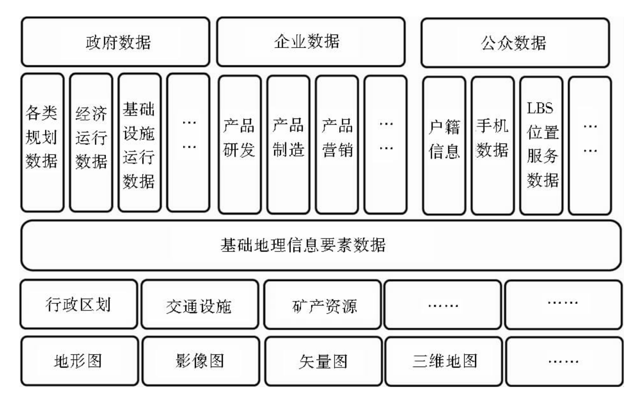


图 1 城市数据资源体系

图 1 中的城市数据资源体系包括:①基础地理信息要素数据。指与地理位置相关的数据,是信息标准化处理的空间数据依据[18],包括影像图、矢量图与地形图等。在国家标准《GBT13923－2006 基础地理信息要素分类与代码》基础上,部分城市结合本市城市规划和城市基础测绘等特点,制定具有地方特色的数据标准,丰富城市基础地理信息要素内容。②政府数据。是产生于政府内部或外部,对政府活动、公共事务、公众生活与城市运行有影响的数据资源的总称[19],包括法律法规、政策文件、部门报告、公共注册信息、环境与气象信息、科研数据库与统计资料汇编等数据[20],来自应急、交通、公安、环保、气象、水务等政府部门。③企业数据。指与企业经营相关的数据,包括在产品研发设计、制造、营销、资金流转等各个环节形成的数据。④公众数据。即在日常生活中,个人产生的手机数据、LBS 位置服务数据与客流数据等,这些社会活动数据描绘了用户的活动模式。手机数据包括通话记录、GPS 定位信息与上网记录等;LBS 位置服务数据能够获取移动终端用户的位置信息,是对 POI 数据的补充;客流数据包含城市人口的活动信息。

3 面向语义的智慧城市元数据模型

元数据是描述某种类型资源属性的结构化数据,

标准化的智慧城市元数据模型是实现城市各应用系统之间互操作的基础,可以解决异构数据转换,实现同一主题的资源聚合,为城市决策者提供数据服务。元数据服务提供者主要为数据生产者和拥有者,将元数据服务发布到城市的 UDDI 注册中心[21]。本研究定义元数据模型为六元组 MD = {S,E,A ,I, R,C}[22]。

(1)数据源 S(Source)。数据源是来自教育局、交通运输局、卫生局、税务局、住房和建设局、公安局、民政局、气象局、水务局等部门的数据。数据源集合表示为 $S = \{S_1, S_2, \cdots, S_n\}$,其中 Si(1 < i < n)表示第 i 个数据源。

(2)实体类集合 E(Entity Type)。拥有相同属性的实体集的总称。实体类包括人、物体与时空实体。人(Agent)是政府、企业和公众的统称,指能自主活动的数据持有者;物体类(Object)包括自然地理实体(如山、河流、湖泊等)和人工建造的地理实体(如建筑物、公路、桥梁、街道等);时空实体(Temporal Spatial Entity)是指具有时空多维特性的物体,例如城市范围内的各类传感器(温度、湿度等)可以提供市民的出行信息、空气质量监测信息和天气状况等。如图 2 所示:

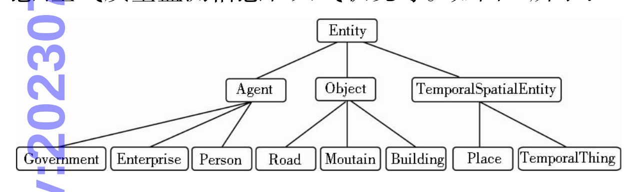


图 2　实体的分类体系示例

(3)实体属性 A。实体属性集合 $A = \{a_{11}, a_{12}, \cdots, a_{mk}\}$,其中 aij(1 < i < m,1 < j < k)表示第 i 个实体的第 j 个属性。以感知设备为例,感知设备是指能实时感知外界信息的变化,并将获取的信息传递给其他装置的物理设备,例如传感器、GPS 定位设备、视频监控设备与射频识别设备等,其实体属性如表 1 所示:

表 1　感知设备实体属性[23]

类别	属性名称	备注
感知设备属性	实体名称	无
	唯一编码	无
	其他编码	在其他应用系统中存在的编码
	类别码	所属分类
	业务信息	无
	位置信息	包括位置描述、坐标类型、坐标单位等
	责任部门	无
	管理对象编码	无
	是否固定	是否固定在某个位置
	设备用途	用来感知的内容描述
	感知频率	采集信息的最小时间间隔

(4)实例集 I。是实体类对象集合。实体是现实世界存在的、可识别的对象,实例类集合表示为 $I = \{I_1, I_2, \cdots, I_m\}$,其中 Ii(1 < i < m)表示第 i 个实体。

(5)实例之间的二元语义关系 R。根据 PAS182 智慧城市数据互操作的概念模型,总结数据实体对象之间的语义关系如表 2 所示,包括层次相关、概念相关、物理相关、空间相关、功能相关与业务相关,实体类对象之间的关系均能通过基础数据与语义关系来描述。例如 contain 描述实例之间的包含关系,长春市政府包括朝阳区政府、南关区政府、二道区政府、宽城区政府和绿园区政府等。

表 2　实体之间的语义关系

关系	表述	释义
层次相关	part of	部分与整体的关系
	kind of	继承关系
概念相关	A Subconcept of B	A 是 B 的子概念
	owned by	A 为 B 所有
物理相关	contain	A 包含 B
	raised from	A 产生于 B
	influenced by	A 被 B 影响
	A about B	A 关于 B
	has role in	A 是 B 的一个角色
空间相关	A at B	A 在 B 位置
功能相关	has	A 具有 B
	implements	A 实现 B
	provided by	A 由 B 提供
业务相关	records	A 记录 B
	coordination	A 协调 B
	monitor	A 监控 B
	integration	A 集成 B
	procurement	A 采购 B
	configuration	A 配置 B
	operation	A 操作 B

(6)情境 C(Context)。其主要表达实体所处的天气环境、现场情景与背景信息。情境关系能有效解决数据冲突问题[24],从不同数据源(Source)获取的实体属性(Entity Attribute),经过情境确认能代表同一个实体,从而提高数据融合质量。如图 3 所示,在情境 C_1、C_2、C_3、C_4 与 C_5 中,数据源 S_1、S_2 与 S_3 被抽取出来实体属性 a_{11} 与 a_{12},而后被认为其实体属性 a_{11} 与 a_{12} 属于同一实体 e_1。

4　构建基于多源数据的智慧城市数据融合框架

4.1　智慧城市用户需求分类

4.1.1　Kano 用户需求分类模型　Kano 模型将需求划

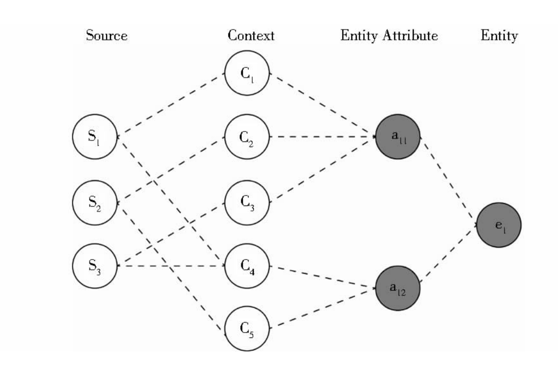


图 3　数据源、实体、实体属性及情境之间的关系

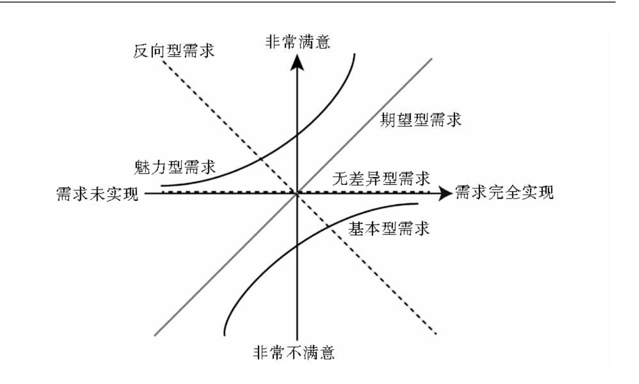


图 4　Kano 需求分类

分为 5 种类型，包括基本型需求、期望型需求、魅力型需求、无差异型需求与反向型需求，①基本型需求，即用户对产品的基本要求。当该需求满足或超出用户期望时，用户不一定会因此而感到满意，但当该需求不满足用户时，用户肯定会不满意。②期望型需求，指用户满意度与需求的满足程度成正比关系的需求。若此类需求得到满足，用户满意度会明显增加。③魅力型需求，指用户不会过分期望的需求。当魅力型需求被满足时，用户会表现出较高的满意度；没有魅力型需求，用户也不会不满意。④无差异型需求，是不论提供与否，对用户体验或满意度无影响的需求。⑤反向型需求，指能引起强烈不满或导致低水平满意度的质量特性。该需求会导致用户满意度下降。如图 4 所示：

4.1.2　基于 Kano 智慧城市用户需求分类　政府是智慧城市的运行管理者，公众是智慧城市管理和服务的对象。城市发展动力是用户的需求[25]，用户的需求和反馈不能忽视，满足用户需求是建设智慧城市的关键。而用户需求是动态的、多方面的、不确定的，且智慧城市涵盖众多领域的具体应用，很难精准描述其具体需求。利用 Kano 模型，并结合用户个体生命周期的 5 个阶段，包括婴儿期、儿童期、青春期、成年期与老年期，逐步细化后得到具有不同功能属性的需求组（见图 5），开发覆盖于不同行业领域的具体产品，包括智慧教育相关产品、智慧医疗相关产品、智慧交通相关产品与智慧社区相关产品等。

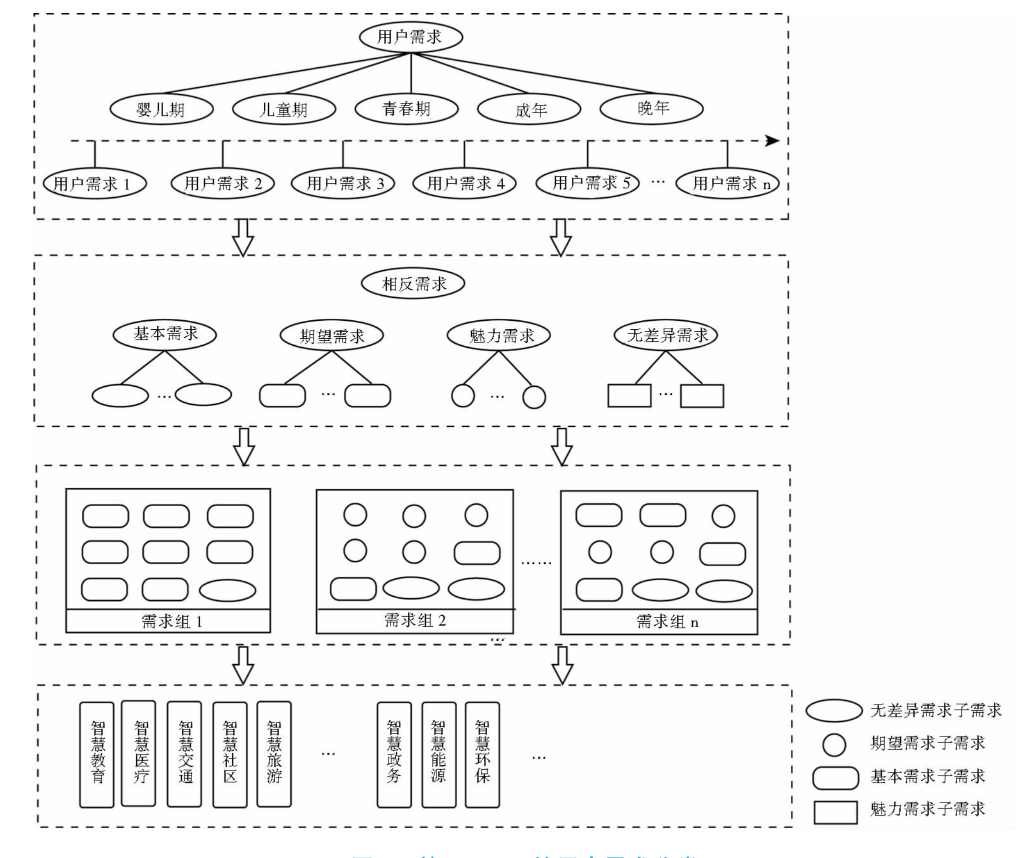


图 5　基于 Kano 的用户需求分类

4.2 多源数据的智慧城市数据融合框架构建

智慧城市的数据服务主体是政府、企业、公众。智慧城市数据融合框架主要目标:从微观层面来看,通过对基础地理信息数据、政府、企业和个人数据的收集、处理与分析,能够实现舆情监控、预警监测与问题定位等;从中观层面来看,建立城市数据融合平台,主动推送智慧城市相关数据服务,实现惠民服务与城市精准治理;从宏观层面来看,对于城市各项政策的制定具有重要意义。因此,采用基于大数据技术的分布式存储结构,提出构建基于公众信息服务平台、政务专网信息交换平台、企业信息服务平台与空间定位信息平台一体化的数据融合框架,如图 6 所示:

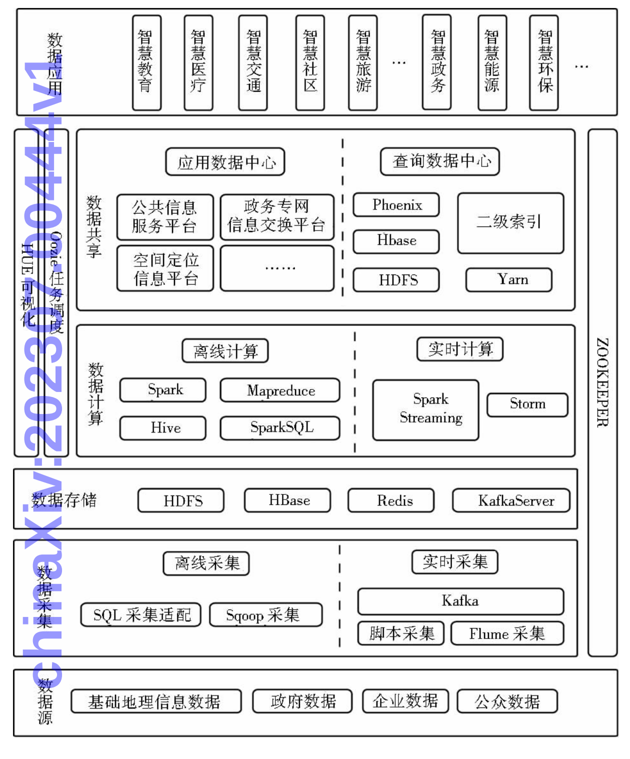


图 6 基于多源数据的智慧城市数据融合框架

结合用户需求分类,按照企业级大数据技术框架,将智慧城市数据融合框架的具体实现分为 4 个步骤:

(1)数据采集。主要数据源包括基础地理信息数据、政府数据、企业数据与公众数据等。数据采集过程包括离线采集和实时采集:①离线采集有 SQL 采集适配和 Sqoop 采集两种方式。SQL 采集适配主要是通过 SQL 方式来采集数据库的数据。Sqoop 作为 Hadoop 和关系数据库之间传输数据的工具,可将关系数据库管理系统中的数据导入到 Hadoop 分布式文件系统 HDFS 中,在 Hadoop MapReduce 框架下完成数据转换任务,进而为数据融合提供基础数据源;②实时数据采集采用的是脚本采集和 Flume 方式。脚本采集主要是通过 Shell 脚本或 API 从数据库或网站上获取数据,使非结构化数据和半结构化数据转换成结构化数据,并将其存储为统一的本地文件数据。Flume 作为分布式实时日志采集系统,用于抓取不同服务器上的海量日志信息,并将其推送至 Kafka 分布式消息管理系统。

(2)数据存储。包括离线数据存储和实时数据存储。离线数据存储使用 HDFS 或 HBase 存储离线采集的数据。实时数据存储采用 Redis 或 kafkaserver. redis 分布式 NoSQL 数据库,Redis 作为缓存数据库,供用户存储流式数据;Kafka server 主要是存储 Kafka 采集过来的数据。

针对非实时结构化数据,例如城市地理信息数据,该类数据具有固定的表结构,一般使用 SQL 查询,将其存储在 Hive 数据库中。针对实时数据,例如城市道路车辆实时运行数据,采集速率为秒级,事件日志类突发性强的数据,此类数据对数据吞吐性能要求较高,且访问方式较为单一,一般按时间序列和对象 ID,采用键值对方式存放在 HBase 数据库中。针对半结构化数据,例如视频和图像,则以文件形式存放在 HDFS 分布式文件系统中。

(3)数据调度。数据调度层主要是 Oozie 任务调度和 Zookeeper。Oozie 用于管理与组织 Hadoop 工作流调度工具。Zookeeper 是分布式应用程序协调工具,存储各个组件的重要信息,用于 Kafka 和 Storm 之间的协调管理。Hue 是 Hadoop 生态圈中的可视化工具,利用此工具能查看大数据中各个组件的运行状态。

(4)数据共享。应用数据中心为公共信息服务平台和政务专网信息交换平台共享处理后的数据。YARN 通用资源管理系统,可为数据应用提供统一的资源管理和调度服务,能提升集群服务器的利用率。查询数据中心主要是由 HBase、phoenix 和 YARN 等组成,通过这些组件组合能够提高大数据查询速度。

通过上述 4 个步骤,智慧城市数据融合框架实现了以下功能:①通过融合各类政府数据,建立大数据决策分析模型,对海量数据进行时间序列分析、趋势预测等,既可以增强城市管理与规划、突发事件预警能力,又为政府制定政策提供数据导向。②通过整合不同来源、不同类型的企业内外部数据,了解市场动态与技术前沿,为企业的科学运营与决策提供数据支撑。③为公众提供教育、交通、医疗与旅游等方面的数据推荐服务。④进行城市数据可视化分析。将二维地图、三维实景、视频等数据与政府数据、企业数据、公众数据融合在同一时空体系中,建立时空多维城市管理系统,进

而实现实时的、直观的可视化城市管理模式，提高城市精细化治理能力。

4.3 面向智慧城市的用户数据服务推荐实现路径

以多源数据融合框架为基础，建立智慧城市数据运营中心，负责城市生活中的大数据的采集、管理和共享，建立城市范围内多部门合作的范式，能改善政府部门横向协作不充分现状。以智慧城市用户需求分类为基础，再结合人口统计属性、使用行为偏好等数据，构建智慧城市用户需求画像，进而提供特定的数据推荐服务。图7阐释了3条用户数据推荐服务的实现路径：①路径1是将用户需求信息与智慧城市相关知识库进行粗粒度匹配，向用户提供智慧城市相关服务；②路径2是将用户需求语义信息与从智慧城市知识库中抽取出的知识单元进行细粒度匹配，对知识单元进行多维度数据融合，向用户提供面向内容的的数据推荐服务；③路径3是研究如何向资源拥有者和服务提供者开放数据接口，根据用户需求画像，对其提供相应的数据服务。

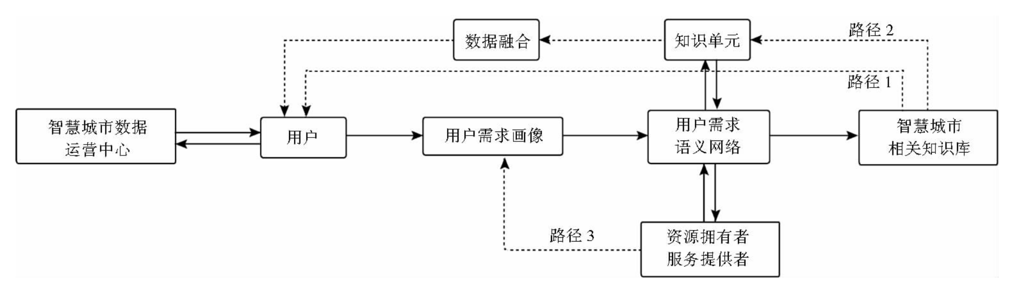


图7 面向智慧城市的数据服务推荐实现路径

5 发展建议

智慧城市数据融合框架设计作为技术研究工作的顶层设计，对于构建智慧城市大数据管理分析平台至关重要。此外，需相关部门的积极配合，更好地为公众提供数据推荐服务。

5.1 完善智慧城市多源数据融合标准，加快城市化、数据化和标准化的协同发展

智慧城市建设需要城市化、数据化和标准化的协同发展。《国家新型城镇化规划(2014－2020年)》提出要加快推进智慧城市建设。在大数据环境下，物联网、云计算和传感技术将城市范围内流转的信息转变成数据，被赋予了数据的属性，因而呈现城市数据化的发展态势。《智慧城市 数据融合》标准文件中编写了数据编码规范、数据采集规范与市政基础设施数据元素规范，在该标准的基础上，应进一步完善智慧城市多源数据融合标准，包括实体数据标准化、实体属性标准化与应用情境标准化，建立数据转换标准与存储规范，实现跨领域、跨部门、跨层级的数据融合。见图8。

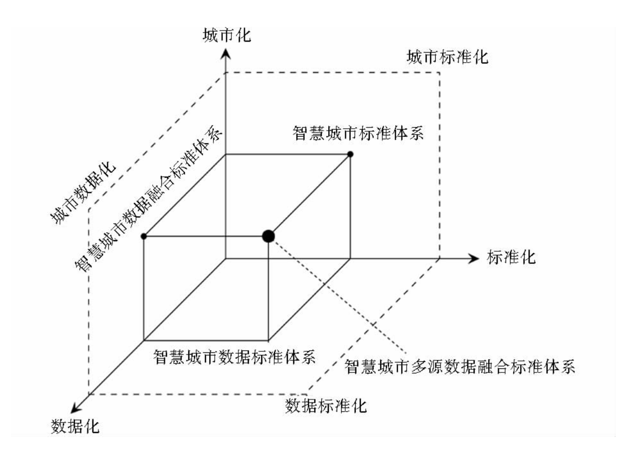


图8 城市化、数据化与标准化协同发展

5.2 政府积极制定数据开放政策，建立数据共享平台多方合作机制

政府制定数据开放政策，明确可开放数据范围。作为数据提供方，在符合政策规定前提下，应尽量提供原始数据共享服务，保证数据字段的完整性；作为数据接收方，在合理使用数据的前提下，仍负有保证信息安全的责任。政府提供决策优化支持，高校提供智力服务支持，企业提供技术与产品支持，建立利益相关方合作关系的数据共享机制。

5.3 探讨个人数据采集与存储保护方案，鼓励市民参与智慧城市建设

个人数据是个人生活状况的真实反映，涵盖了衣食住行等敏感信息。近年来个人隐私泄露事件频发，造成了个人数据隐私的恐慌，由此产生的“寒蝉效应”可能会让公众怠于共享个人数据。因此，研究智慧城市数据采集与存储保护方案势在必行。智慧城市的建设应该广泛征求市民的意见，如荷兰阿姆斯特丹将智慧城市应用功能设计外包给市民去完成，市民以社区或小组的形式完成设计方案的撰写甚至应用的初步开发，我国可借鉴该模式，鼓励市民直接参加智慧应用的开发，为市民提供满足市场需求的智慧城市服务。

参考文献：

[1] 张元好,曾珍香.城市信息化文献综述——从信息港、数字城市到智慧城市[J].情报科学,2015,33(6):131-137.

[2] 中华人民共和国中央人民政府. 发展改革委 工业和信息化部 科学技术部 公安部 财政部 国土资源部 住房城乡建设部 交通运输部关于印发促进智慧城市健康发展的指导意见的通知[EB/OL].[2017-12-08]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content_2806019.htm.

[3] 王静远,李超,熊璋,等.以数据为中心的智慧城市研究综述[J].计算机研究与发展,2014,51(2):239-259.

[4] 李重照,刘淑华.智慧城市:中国城市治理的新趋向[J].电子政务,2011(6):13-18.

[5] 许庆瑞,吴志岩,陈力田.智慧城市的愿景与架构[J].管理工程学报,2012,26(4):1-7.

[6] 巫细波,杨再高.智慧城市理念与未来城市发展[J].城市发展研究,2010,17(11):56-60.

[7] EU-Project SmartEnCity-Towards Smart Zero CO2 Cities across Europe [EB/OL].[2017-12-08]. http://smartencitynetwork.eu/.

[8] 王广斌,崔庆宏,刘欢.国外智慧城市研究的现状分析与启示[J].工程管理学报,2016,30(6):55-60.

[9] GABA V. Understanding smart cities: an integrative framework [C]//Proceeding of the 45th Hawaii international conference on system sciences. Piscataway:IEEE, 2012:2289-2297.

[10] NAM T,PARDO T A. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions[C]//Proceeding of the 12th international digital government research conference: digital government innovation in challenging times. New York: ACM, 2011:282-291.

[11] 霍国庆,孟广均,王进孝,等.信息资源管理思想的升华[J].图书情报工作,2002(4):26-39.

[12] 陈锐,贾晓丰,赵宇.智慧城市运行管理的信息协同标准体系[J].城市发展研究,2015,22(6):40-46.

[13] 郑宇.城市计算概述[J].武汉大学学报(信息科学版),2015,40(1):1-13.

[14] PAN G,QI G,ZHANG W, et al. Trace analysis and mining for smart cities:issues, methods and applications[J]. IEEE communications magazine,2013,51(6):120-126.

[15] 操玉杰,李纲,毛进,等.大数据环境下面向决策全流程的应急信息融合研究[J].图书情报知识,2018(5):95-104.

[16] 张义,陈虞君,杜博文,等.智慧城市多模式数据融合模型[J].北京航空航天大学学报,2016,42(12):2683-2690.

[17] NESI P,BADII C,BELLINI P,et al. Km4City smart city API: an integrated support for mobility services[C]//IEEE. 2016 IEEE international conference on smart computing. USA:IEEE,2016:1-9.

[18] 杨丽娜.面向智慧城市数据管理和多维决策的时空数据仓库建设[J],测绘科学,2014,39(8):44-48.

[19] 杨瑞仙,毛春蕾,左泽.国内外政府数据开放现状比较研究[J].情报杂志,2016, 35(5):167-172.

[20] 张涵,王忠.国外政府开放数据的比较研究[J].情报杂志,2015(8):142-146.

[21] 王浒,李琦,董宝青,等.构建数字城市的元数据服务体系[J].计算机科学,2003, 30(8):85-87.

[22] 黄宏斌,张维明,邓苏,等.面向语义信息共享的元数据模型的研究与实现[J].计算机科学,2008(4):124-128.

[23] 贾晓丰,梁郑丽,任锦鸾.多源信息协同:城市和区域级大数据的应用与演进[M].北京:清华大学出版社,2016.

[24] 张永新,李庆忠,彭朝晖.基于 Markov 逻辑网的两阶段数据冲突解决方法[J].计算机学报,2012,35(1):101-111.

[25] 王金柱,李嘉伟.智慧城市的哲学审视[J].自然辩证法研究,2018(11):119-123.

作者贡献说明：

马捷：文章框架的拟定与修改；
葛岩：文章主体内容的撰写与修改；
蒲泓宇：文章主体内容的撰写与修改；
张云开：文献资料收集与英文内容的翻译。

Intelligent City Data Fusion Framework Based on Multi-source Data

Ma Jie[1,2] Ge Yan[1,3] Pu Hongyu[1] Zhang Yunkai[1]
[1] School of Management, Jilin University, Changchun 130022
[2] Center for Studies of Information Resources, Jilin University, Changchun 130022
[3] School of Computer Science and Technology, Beihua University, Jilin 132000

Abstract: [**Purpose/significance**] How to effectively realize data fusion of multi-source heterogeneous data in smart city is the core problem that intelligent city must solve. [**Method/process**] Based on the definition of urban data resource system, a semantic-oriented metadata model is proposed, and a framework of intelligent urban data fusion based on multi-source data is constructed according to user needs. [**Result/conclusion**] Based on the intelligent city data operating center, this paper proposes the implementation path of user data service recommendation for intelligent city. Finally, it puts forward some suggestions for the development of intelligent city data fusion: improving the multi-source data fusion standard of intelligent city; actively formulating the data opening policy; and exploring the personal data collection and storage protection scheme.

Keywords: intelligent city data fusion metadata user requirement